



PCT/PTO

24 JUN 2005

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-091225

(43)Date of publication of application : 10.04.1998

(51)Int.CI.

G05B 19/4061  
 B25J 9/16  
 B25J 9/22  
 B25J 13/08  
 G06F 9/06  
 G06K 9/46

(21)Application number : 08-242810

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 13.09.1996

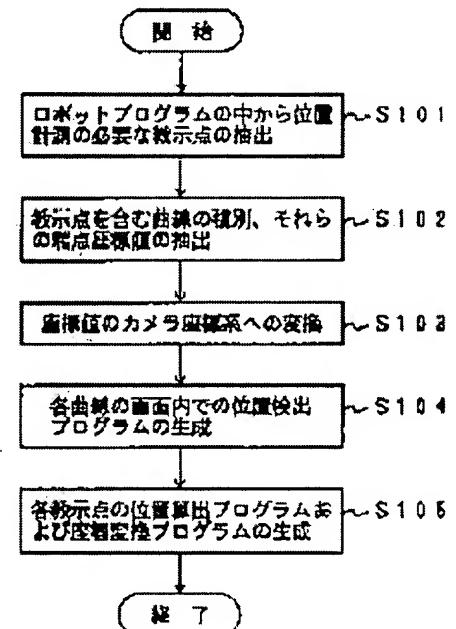
(72)Inventor : UENOHARA MICHIIRO

(54) METHOD AND DEVICE FOR AUTOMATIC IMAGE PROCESSING PROGRAM GENERATION FOR ROBOT,  
 AND METHOD FOR AUTOMATIC ROBOT PROGRAM CORRECTION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide the automatic image processing program generating method, etc., for a robot which can automatically generate an image processing program for corresponding with solid body differences of a work to be operated.

SOLUTION: Teaching points whose positions need to be measured with precision are extracted from a robot program which is taught previously about a master work (step S101) and the kinds of straight lines and curves such as arcs that the respective teaching points and the coordinate values of teaching points specifying the ranges of the curves such as end points of the curves are extracted from the kinds of operation instructions including the extracted teaching points (step S102). The extracted coordinate values (robot coordinate system) of the extracted teaching points are converted into coordinate value on the screen of a video camera (step S103) and the image processing program is generated which detects the curves corresponding to the respective teaching points in an image photographed by the video camera on the basis of the converted coordinate values of the respective teaching points and the kinds of the curves that are belonged to find the actual positions of the respective teaching points as their intersections.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 01.09.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

BEST AVAILABLE COPY

[Patent number] 3538506  
[Date of registration] 26.03.2004  
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-91225

(43)公開日 平成10年(1998)4月10日

(51)Int.Cl. <sup>1</sup>	識別記号	P I
G 0 5 B 19/4081		G 0 5 B 19/405
B 2 5 J 9/16		B 2 5 J 9/16
9/22		9/22
13/08		13/08
G 0 6 F 9/06	5 3 0	G 0 6 F 9/06
		5 3 0 V
	審査請求 未請求 請求項の数5	OL (全 16 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号	特願平3-242810	(71)出願人	000003078 株式会社東芝 神奈川県川崎市幸区坂川町72番地
(22)出願日	平成3年(1991)9月13日	(72)発明者	植之原 道 宏 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会社東芝研究開発センター内

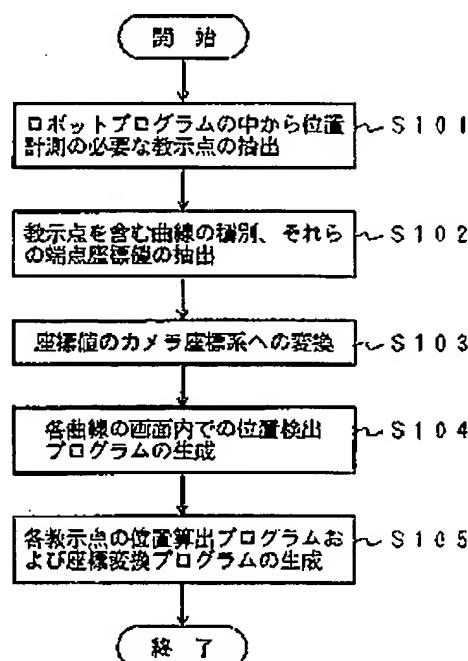
(74)代理人 弁理士 佐藤 一雄 (外3名)

(54)【発明の名称】 ロボットのための画像処理プログラム自動生成方法、その装置およびロボットプログラム自動修正方法

## (57)【要約】

【課題】 作業対象となるワークの個体差に対応するための画像処理プログラムを自動的に生成できるロボットのための画像処理プログラム自動生成方法等を提供する。

【解決手段】 あらかじめマスタークについてティーチングされたロボットプログラムの中から正確な位置計測が必要な教示点を抽出し(ステップS101)、さらに抽出された各教示点を含む動作命令の種別から各教示点が属する直線や円弧等の曲線の種別、および曲線の端点等の曲線の範囲を特定する教示点の座標値を抽出する(ステップS102)。抽出された教示点の座標値(ロボット座標系)をビデオカメラの画面内での座標値に変換し(ステップS103)、変換された各教示点の座標値および属する曲線の種別に基づいて、ビデオカメラにより撮影された画像から各教示点に対応する曲線を検出してこれらの交点としての各教示点の実際の位置を求める画像処理プログラムを生成する(ステップS104,S105)。



(2)

特開平10-91225

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】溶接作業や、面取り作業等のワークとの接触を伴う作業を行うロボットのための画像処理プログラム自動生成方法において、

あらかじめマスタークについてティーチングされたロボットプログラムの中からワークとの接触作業を行う際のロボット座標系に基づく動作命令を抽出し、この抽出された動作命令からあらかじめ内蔵された教示点を抽出する第1の工程と、

この第1の工程により抽出された各教示点について、それぞれの教示点を含む動作命令の種別から各教示点が直線や円弧等の曲線のうちどのような曲線に属するかを判別するとともに、この判別された曲線における端点や途中の点等の曲線の範囲を特定する教示点の座標値を前記ロボットプログラムの中から読み出す第2の工程と、

この第2の工程により読み出された各教示点のロボット座標系での座標値を、あらかじめ定義された前記ワークを撮影するためのビデオカメラの座標系とロボット座標系との変位置を用いて前記ビデオカメラの画面内での座標値に変換する第3の工程と、

この第3の工程により変換された各教示点の座標値および各教示点の属する曲線の種別に基づいて、前記ビデオカメラにより撮影された画像から前記各教示点に対応する直線や円弧等の曲線を検出してこれらの交点としての各教示点の実際の位置を求める画像処理プログラムを生成する第4の工程と、

を備えたことを特徴とするロボットのための画像処理プログラム自動生成方法。

【請求項2】前記第4の工程において生成される画像処理プログラムは、前記ビデオカメラにより撮影された画像から前記ビデオカメラの画面内での直線や円弧等の曲線の位置を検出する位置検出プログラムと、この位置検出プログラムにより検出される曲線の位置から前記ロボットプログラムの中から読み出された前記各教示点の前記ビデオカメラの画面内での実際の位置を算出する位置算出プログラムと、この位置算出プログラムにより算出される前記各教示点の前記ビデオカメラの画面内での座標値をロボット座標系での座標値に変換する座標変換プログラムとからなることを特徴とするロボットのための画像処理プログラム自動生成方法。

【請求項3】前記位置検出プログラムは、前記ビデオカメラにより撮影された画像から、前記第2の工程により読み出された各教示点の座標値および各教示点の属する曲線の種別に基づいて前記ビデオカメラの画面内における假定された所定領域内で直線や円弧等の曲線の位置を検出するものであることを特徴とする請求項2記載のロボットのための画像処理プログラム自動生成方法。

【請求項4】溶接作業や、面取り作業等のワークとの接触を伴う作業を行うロボットのための画像処理プログラム自動生成装置において、

作業対象となるワークを撮影するビデオカメラと、あらかじめマスタークについてティーチングされたロボットプログラムの中からワークとの接触作業を行う際のロボット座標系に基づく動作命令を抽出し、この抽出された動作命令からあらかじめ内蔵された教示点を抽出する手段と、

この手段により抽出された各教示点について、それぞれの教示点を含む動作命令の種別から各教示点が直線や円弧等の曲線のうちどのような曲線に属するかを判別するとともに、この判別された曲線における端点や途中の点等の曲線の範囲を特定する教示点の座標値を前記ロボットプログラムの中から読み出す手段と、

この手段により読み出された各教示点のロボット座標系での座標値を、あらかじめ定義された前記ビデオカメラの座標系とロボット座標系との変位置を用いて前記ビデオカメラの画面内での座標値に変換する手段と、

この手段により変換された各教示点の座標値および各教示点の属する曲線の種別に基づいて、前記ビデオカメラにより撮影された画像から前記各教示点に対応する直線や円弧等の曲線の位置を検出してこれらの交点としての各教示点の実際の位置を求める画像処理プログラムを生成する手段と、

を備えたことを特徴とするロボットのための画像処理プログラム自動生成装置。

【請求項5】請求項1ないし3のいずれかに記載のロボットのための画像処理プログラム自動生成方法により生成された画像処理プログラムを用いて、前記ビデオカメラにより撮影された画像から実際のワークの教示点の座標値を求める工程と、

この工程により求められた実際のワークの教示点の座標値に基づいて、ロボットプログラムにあらかじめ内蔵された各教示点の座標値を修正する工程と、を備えたことを特徴とするロボットプログラム自動修正方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は溶接作業や、面取り作業等のワークとの接触を伴う作業を行うロボットに係り、とりわけこのようなロボットのための画像処理プログラム自動生成方法、その装置およびロボットプログラム自動修正方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来より工場の製造ライン等においては、各種の作業を行うために様々な形でロボットが利用されている。ロボットの主な用途としては、自動車ラインにおける溶接や、部品の組立等が挙げられるが、その他にもマテハンや塗装、面取り等の各種の作業で利用されている。なお、従来におけるロボットの基本的な使用方法は、治具等によりロボットに対してワークが正確に位置決めされるようにしておき、あらかじめマスター

50

(3)

特開平10-91225

3

ワークについてティーチングされたロボットプログラムによる動作を数多くの同じワークに対して繰り返し行うというものであった。

【0003】しかしながら、近年のコンピュータの価格低下と計算能力の急激な増大、およびCCD (Charge coupled device、電荷結合素子) カメラの価格低下と性能向上により、画像処理が従来とは比べものにならないほどの低価格で利用できるようになってきている。これに伴い、ロボットの分野においても、画像処理を積極的に利用する例が増えている。代表的な利用方法としては、物体をバレットの決められた位置に搬送するバレタイングにおいてワークの種別や正確な位置を検出するもの、チップマウンタにおいてICの位置を検出するもの等がある。また、ロボットにおけるこれまでの画像処理では、処理時間の制約が厳しいために、画像処理専用のハードウェアによる2値化処理を行うことが普通であったが、コンピュータの価格低下と計算能力の向上により、造淡画像のパターンマッチング等を行う画像処理装置も増えつつある。一般に造淡画像のパターンマッチングの方が2値化処理に比べて照明条件の変化に対して安定であるといわれている。

【0004】ロボット用の画像処理装置は、ロボットの動作を制御するロボットコントローラに組み込まれるか、あるいはロボットコントローラとのデータのやりとりが可能となっており、これにより画像処理結果をロボットプログラムに反映できるようになっている。また画像処理装置には、専用の画像処理用言語が用意されているのが普通であり、この専用の画像処理用言語により、あらかじめユーザはその処理内容についてのプログラムを記述しておく必要がある。これまでの画像処理用言語の中には、ユーザによるプログラム作業ができるだけ容易になるように工夫されているものも多いが、画像処理技術の発展とともに画像処理装置により提供される機能は急速に増えつつあり、ユーザに必要とされる画像処理に関する知識はむしろ増えつつあるといえる。

【0005】なお、画像処理が利用できるロボットの具体的な作業として、例えば面取り作業や溶接作業等のようにワーク稜線に沿ってロボットの先端に取り付けられたツールが移動する作業においては、ワークの個体差によって変化するワーク稜線の位置および形状を正確に把握しておく必要があり、このためにワークの位置および形状を特徴づける教示点の実際の位置を画像処理により求めておくことが有効となる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、ロボットにより行われる各種の作業に画像処理を利用することは有効ではあるが、画像処理を利用するためには個々の画像処理装置に固有の言語を習得した後に、各作業ごとに画像処理プログラムを記述する必要があった。また、個々のワークに対して画像処理プログラムを記述す

4

るとともに、その画像処理結果を利用してロボットが動作するようにロボットプログラムを作成ないし修正する必要があった。

【0007】このため従来のロボットでは、画像処理プログラムの記述に多大な時間を要していた。また画像処理装置に固有の言語や画像処理に関する基礎知識を習得するためにも多大な時間が必要であり、画像処理に詳しい人間でないと画像処理装置を使いこなすことは困難であった。

【0008】しかしながら、ロボットにより行われる溶接作業や、面取り作業等のワークとの接触を伴う作業のために必要となる画像処理に限れば、ワークの個体差によって変化するワーク稜線の位置および形状等は、1つのマスタワークについてティーチングされたロボットプログラムの中に動作命令の種別や動作命令の引数である教示点としてすでに含まれている。ここで、画像処理により正確な位置が要求される教示点はワーク稜線等との位置決めが要求される作業である。

【0009】一方、ロボットプログラムの中には、溶接作業時の動作や面取り作業時の動作等に直接関係する正確な位置が要求される教示点以外にも、ロボットの姿勢を単に変化させるだけの動作のようにワークの個体差を考慮する必要のない動作に関係する教示点も含まれている。しかしこれについては、例えば溶接作業に関しては、溶接開始命令および溶接停止命令に挟まれたロボットの動作命令のみを選択することにより高精度の位置決めが要求される溶接作業時の動作に関係する教示点のみを抽出することが可能である。

【0010】また力制御機能を有するロボットによる面取り作業に関しては、ワークとの接触を伴う直線移動命令や円弧移動命令等のようにワークとの接触を伴う作業命令のみを選択することにより溶接作業の場合と同様に高精度の位置決めが要求されるワークとの接触作業時の動作に関係する教示点のみを抽出することが可能である。このように、マスタワークについてティーチングされたロボットプログラムの中には、画像処理プログラムを作成するために必要な情報は全て含まれている。

【0011】本発明はこのような点を考慮してなされたものであり、マスタワークについてティーチングされたロボットプログラムからワークごとの個体差に対応するための画像処理プログラムを自動的に生成することができるロボットのための画像処理プログラム自動生成方法およびその装置を提供することを目的とする。また、このような方法により生成された画像処理プログラムを用いてロボットプログラムにあらかじめ内蔵された各教示点の座標値を自動的に修正することができるロボットプログラム自動修正方法を提供することも目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明は、溶接作業や、面取り作業等のワークとの接触を伴う作業を行うロボッ

50

トのための画像処理プログラム自動生成方法において、あらかじめマスタークについてティーチングされたロボットプログラムの中からワークとの接触作業を行う際のロボット座標系に基づく教示点を含む動作命令を抽出し、この抽出された動作命令からあらかじめ内蔵された教示点を抽出する第1の工程と、この第1の工程により抽出された各教示点について、それぞれの教示点を含む動作命令の種別から各教示点が直線や円弧等の曲線のうちどのような曲線に属するかを判別するとともに、この判別された曲線における端点や途中の点等の曲線の範囲を特定する教示点の座標値を前記ロボットプログラムの中から読み出す第2の工程と、この第2の工程により読み出された各教示点のロボット座標系での座標値を、あらかじめ定義された前記ワークを撮影するためのビデオカメラの座標系とロボット座標系との変位置を用いて前記ビデオカメラの画面内での座標値に変換する第3の工程と、この第3の工程により変換された各教示点の座標値および各教示点の属する曲線の種別に基づいて、前記ビデオカメラにより撮影された画像から前記各教示点に対応する直線や円弧等の曲線を検出してこれらの交点としての各教示点の実際の位置を求める画像処理プログラムを生成する第4の工程と、を備えたことを特徴とするロボットのための画像処理プログラム自動生成方法を提供する。

【0013】また本発明は、溶接作業や、面取り作業等のワークとの接触を伴う作業を行うロボットのための画像処理プログラム自動生成装置において、作業対象となるワークについてティーチングされたロボットプログラムの中からワークとの接触作業を行う際のロボット座標系に基づく教示点を含む動作命令を抽出し、この抽出された動作命令からあらかじめ内蔵された教示点を抽出する手段と、この手段により抽出された各教示点について、それぞれの教示点を含む動作命令の種別から各教示点が直線や円弧等の曲線のうちどのような曲線に属するかを判別するとともに、この判別された曲線における端点や途中の点等の曲線の範囲を特定する教示点の座標値を前記ロボットプログラムの中から読み出す手段と、この手段により読み出された各教示点のロボット座標系での座標値を、あらかじめ定義された前記ビデオカメラの座標系とロボット座標系との変位置を用いて前記ビデオカメラの画面内での座標値に変換する手段と、この手段により変換された各教示点の座標値および各教示点の属する曲線の位置を検出してこれらの交点としての各教示点の実際の位置を求める画像処理プログラムを生成する手段と、を備えたことを特徴とするロボットのための画像処理プログラム自動生成装置を提供する。

【0014】さらに本発明は、上述したロボットのため

の画像処理プログラムにより生成された画像処理プログラムを用いて、前記ビデオカメラにより撮影された画像から実際のワークの教示点の座標値を求める工程と、この工程により求められた実際のワークの教示点の座標値に基づいて、ロボットプログラムにあらかじめ内蔵された各教示点の座標値を修正する工程と、を備えたことを特徴とするロボットプログラム自動修正方法を提供する。

【0015】本発明のロボットのための画像処理プログラム自動生成方法およびその装置によれば、あらかじめマスタークについてティーチングされたロボットプログラムの中から画像処理により正確な位置を求めるべき教示点を抽出し、この抽出された各教示点を含む動作命令の種別および他の動作命令に含まれる教示点に基づいて、これらの各教示点のロボット座標系での座標値および各教示点の属する曲線の種別を求める。これらの各教示点のロボット座標系での座標値をビデオカメラの画面内での座標値に変換する。そして、この変換された各教示点の座標値および各教示点の属する曲線の種別に基づいて、ビデオカメラにより撮影された画像から前記各教示点に対応する直線や円弧等の曲線を検出してこれらの交点としての各教示点の実際の位置を求める画像処理プログラムを生成する。これにより、マスタークについてティーチングされたロボットプログラムからワークごとの個体差に対応するための画像処理プログラムを自動的に生成することができる。

【0016】また本発明のロボットプログラム自動修正方法によれば、本発明のロボットのための画像処理プログラム自動生成方法により生成された画像処理プログラムを用いて、ビデオカメラにより撮影された画像から実際のワークの教示点の座標値を各ワークごとに求め、さらにこの求められた実際のワークの教示点の座標値に基づいて、ロボットプログラムにあらかじめ内蔵された各教示点の座標値を自動的に修正するので、1つのマスタークについてティーチングを行ってロボットプログラムを作成するだけでワークごとの個体差を吸収するようロボットプログラムを自動的に修正することができ、このため仮に画像処理に関しての十分な知識を有しない人であっても容易に画像処理を利用してワークの個体差を吸収した形でロボットを動作させることができる。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。

【0018】図1および図2は本発明によるロボットのための画像処理プログラム自動生成方法およびその装置の一実施の形態を説明するための図である。

【0019】まず図2によりロボットのための画像処理プログラム自動生成方法を実現する装置の全体構成について説明する。図2に示すように、この装置は、作業対象となるワーク6を撮影するビデオカメラ1と、ビデオ

7  
カメラ1により撮影された画像を取り込む画像入力ポート2が挿入されたパソコンコンピュータ3とから構成されている。ここで、パソコンコンピュータ3において生成された画像処理プログラムはパソコンコンピュータ3上で実行され、この実行結果に基づいてマスタワークについてティーチングされたロボットプログラムが修正される。修正後のロボットプログラムはロボット5の動作を制御するロボットコントローラ4上で実行され、ロボット5によりワーク6の個体差を考慮した動作がなされる。なお、ロボットプログラムの修正はパソコンコンピュータ3上またはロボットコントローラ4上のいずれでも行うことができ、パソコンコンピュータ3上で修正が行われる場合には修正後のロボットプログラムがロボットコントローラ4に転送される。

【0020】次に図1によりロボットのための画像処理プログラム自動生成方法の手順について説明する。図1に示すように、まず、あらかじめマスタワークについてティーチングされたロボットプログラムの中から溶接作業や、面取り作業等の作業対象であるワークとの接触を伴う作業を行う際のロボット座標系に基づく動作命令を抽出し、この抽出された動作命令から正確な位置計測が必要な教示点を抽出する(ステップS101)。

【0021】続いて、ステップS101において抽出された各教示点について、それぞれの教示点を含む動作命令の種別から各教示点が直線や円弧等の曲線のうちどのような曲線に属するかを判別するとともに、この判別された曲線における端点や途中の点等の曲線の範囲を特定する教示点の座標値をロボットプログラムの中から読み出す(ステップS102)。

【0022】その後、ステップS101において抽出された教示点のロボット座標系での座標値、およびステップS102において抽出されたその他の教示点のロボット座標系での座標値をビデオカメラの画面内での座標値に変換する(ステップS103)。すなわち、ロボットプログラムで記述されている座標値はロボット座標系での座標値であるので、これらの座標値をロボット座標系とビデオカメラの投影中心に原点を有するカメラ座標系との変位置を用いてビデオカメラの画面内での座標値である画面座標系での座標値に変換する。なお、ロボット座標系とカメラ座標系との変位置はあらかじめユーザが設定しておく。

【0023】そして、ステップS103において変換された各教示点の座標値および各教示点の属する曲線の種別に基づいて、ビデオカメラの画面内での直線や円弧等の曲線の位置を検出する位置検出プログラムを生成するとともに(ステップS104)、ステップS104において生成された位置検出プログラムにより検出される直線や円弧等の曲線の位置からステップS101およびステップS102において抽出された各教示点のビデオカメラの画面内での実際の位置を算出する位置算出プログ

ラムと、この位置算出プログラムにより算出される各教示点の画面座標系での座標値をロボット座標系での座標値に変換する座標変換プログラムとを生成する(ステップS105)。

【0024】以下、図3に示すワークを例にとり、このワークについての画像処理プログラムが生成される手順を図1により具体的に説明する。図4は図3に示すワークのエッジの面取り作業を行うためのロボットプログラムを示す図である。

10 [0025] 図4に示すロボットプログラムにおいて、15行目の「speed 10」はロボットの動作速度を“10”に設定することを意味する。また、16行目の「force 1」は動作命令のうちgmove1等による押し付け作業時の押し付け力を“1kg”に設定することを意味する。さらに、17行目の「dset 1」はデジタル出力のチャンネル1の出力を“1(ON)”に設定することを意味し、28行目の「dreset 1」はデジタル出力のチャンネル1の出力を“(OFF)”に設定することを意味する。なお、「dset 1」および「dreset 1」はそれぞれ、円錐工具等の回転開始および回転停止に対応している。

【0026】一方、18行目および27行目の「move1」はワークへの押し付けを伴わない直線移動命令であり、命令実行開始時の位置から引数で指定された教示点までワークへの押し付けを行わずに円錐工具等を直線移動させるためのものである。これに対し、19行目等の「gmove1」はワークへの押し付けを伴う直線移動命令であり、命令実行開始時の位置から引数で指定された教示点までワークへの押し付けを行いながら円錐工具等を直線移動させるためのものである。また、20行目等の「gmovec」はワークへの押し付けを伴う円弧移動命令であり、命令実行開始時の位置と引数で指定された2つの教示点とを通る円弧上を、命令実行開始時の位置から第1の引数で指定された教示点を通って第2の引数で指定された教示点までワークへの押し付けを行しながら円錐工具等を移動させるためのものである。

【0027】図4に示すようなロボットプログラムが与えられると、図1のステップS101において、面取り作業を行う際の動作命令である「gmove1」、「gmovec」のみがロボットプログラムの中から選び出され、これらの動作命令の引数として指定されている教示点および、これらの動作命令の実行開始時の位置を決定する1つ前の動作命令の教示点を調べることにより、面取り作業時の動作と関係する教示点を抽出する。例えば、図4に示すロボットプログラムの19行目の動作命令「gmove1 p3」の引数は「p3」であり、またこの動作命令の実行開始時の位置を決定するのは1つ前の18行目の動作命令である「move1 p2」の引数である「p2」である。同様にして、図4に示すロボットプログラムから面取り作業時の動作と関係する教

示点を全て指出すると、p2, p3, p4, p5, p6, p7, p8, p9, p10, p11, p12, p13となる。

【0028】図1のステップS102においては、これらp2～p13の各教示点について、それぞれの教示点を含む動作命令の種別から各教示点が直線や円弧等の曲線のうちどのような曲線に属するかを判別するとともに、この判別された曲線における端点や途中の点等の曲線の範囲を特定する教示点の座標値をロボットプログラムの中から読み出す。図3に示すワークの場合には、ワーク領域が直線および円弧に限定されるので、各教示点の種別は(1)直線と直線との交点、(2)直線と円弧との境界、および(3)円弧の途中の点の3通りに限定される。また、直線の範囲を特定する教示点は、直線の場合にはその両端点となり、円弧の場合にはその両端点および途中の点となる。このため、図4に示すロボットプログラムの場合であれば、教示点の種別および直線の範囲を特定する教示点は以下のようになる。

【0029】

#### 教示点の種別

- 点P2 : 直線L1と円弧C1との境界
- 点P3 : 直線L1と円弧C2との境界
- 点P4 : 円弧C2の途中の点
- 点P5 : 直線L2と円弧C2との境界
- 点P6 : 直線L2と円弧C3との境界
- 点P7 : 円弧C3の途中の点
- 点P8 : 直線L3と円弧C3との境界
- 点P9 : 直線L3と円弧C4との境界
- 点P10 : 円弧C4の途中の点
- 点P11 : 直線L4と円弧C4との境界
- 点P12 : 直線L4と円弧C1との境界
- 点P13 : 円弧C1の途中の点

曲線の範囲を特定する教示点

- 直線L1 : 点P2, P3
- 直線L2 : 点P5, P6
- 直線L3 : 点P8, P9
- 直線L4 : 点P11, P12
- 円弧C1 : 点P12, P13, P2
- 円弧C2 : 点P3, P4, P5
- 円弧C3 : 点P6, P7, P8
- 円弧C4 : 点P9, P10, P11

【0030】

【教1】

$$x_{ci} = T \cdot x_{ri} \quad \dots (1)$$

上式(1)において、行列Tは同次座標で表現されているものとする。ここで、カメラ座標系はビデオカメラの投影中心に原点を有しており、本実施の形態ではレンズ光軸をZ軸、原点を通り画面の水平方向に対応する軸をX軸、原点を通り画面の垂直方向に対応する軸をY軸としている。また、画面右方向に対応する向きをX軸の正方向、画面上方向に対応する向きをY軸の正方向、ビデオカメラの前方からビデオカメラに向かう方向をZ軸の正方向としている。このようにして教示点のロボット座標系での座標値をビデオカメラの投影中心に原点を有する三次元空間の座標系であるカメラ座標系での座標値に変換した後、ビデオカメラの画面内の二次元空間の座標系である画面座標系への変換を次式(2)により行う。

【0032】

【教2】

図1のステップS103においては、ステップS102\*

$$\begin{bmatrix} x_i \\ y_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_c & -z_c \\ y_c & -z_c \end{bmatrix} \dots (2)$$

上式(2)において、 $x_c = [x_c, y_c, z_c]^T$  は教示点のカメラ座標系での座標値であり、 $[x_c, y_c, z_c]^T$  は

教示点の画面座標系での座標値である。画面座標系は画面中央に原点を有しており、本実施の形態で

(7)

特開平10-91225

12

11 は原点を通り画面の水平方向に対応する軸をX軸、原点を通り画面の垂直方向に対応する軸をY軸としている。また、画面右方向に対応する向きをX軸の正方向、画面上方向に対応する向きをY軸の正方向としている。

【0033】なお、教示点の座標値をロボット座標系からカメラ座標系へ変換する関数またはコマンド、および教示点の座標値をカメラ座標系から画面座標系へ変換する関数またはコマンドとして、

$xc = TrnRobCam(x_r, T)$ ,

$xp = Persp(xc)$

のような形式の2つの関数またはコマンドをあらかじめ用意しておけば、図4に示すロボットプログラムの場合には、図1のステップS104およびステップS105において生成される画像処理プログラムの前段のプログラムとして、図5に示すプログラムが実行される。なお、図5の(A)の部分は教示点の座標値をロボット座標系からカメラ座標系へ変換するプログラムであり、図5の(B)の部分は教示点の座標値をカメラ座標系から画面座標系へ変換するプログラムである。

【0034】図1のステップS104においては、ステップS103において変換された各教示点の座標値および各教示点の属する曲線の種別に基づいて、ビデオカメラの画面内の直線や円弧等の曲線の位置を検出する位置検出プログラムを生成する。図3に示すワークの場合には、ワーク種線が直線と円弧とに限定されるので、画面内の限定された領域内に存在する直線を検出するルーチン、および画面内の限定された領域内に存在する円弧を検出するルーチンをあらかじめ用意しておき、図1のステップS102で求められた直線および円弧を画面内から順次検出していくプログラムを生成する。すなわち、図4に示すロボットプログラムの場合であれば、あ

\* らかじめ用意された上述したような専用の画像処理ルーチンを呼び出し、直線L1から直線L4、および円弧C1から円弧C4を順次検出するプログラムを生成する。なお、本実施の形態における画像処理ルーチンでは、ワーク種線では明るさが急激に変化していることを利用して、あらかじめ指定されたワークの個体差の範囲を考慮した領域内から直線や円弧等の曲線の正確な位置を検出する。

【0035】以下、画面内の限定された領域内に存在する直線または円弧を検出するルーチンの詳細について説明する。

【0036】まず、画面内の限定された領域内に存在する直線を検出するルーチンについて図6により説明する。ここで、画面内の限定された領域とは、両端点が指定された直線(線分)のまわりのある指定された距離だけの幅を持つ領域であり、その形状は例えば長方形である。なお、距離の指定に関してはワークの個体差を考慮してその範囲をユーザがあらかじめ指定しておく。

【0037】画面内の限定された領域が設定された場合には、図6に示すように、まずその領域内についてエッジ強調処理を行う(ステップS201)。図7にエッジ強調処理の具体例を示す。図7(a)はビデオカメラにより撮影された画像の全体を示す図であり、図7(b)は図7(a)に示した画像の全体に対してエッジ強調処理を行った結果を示している。なお、図6のステップS201においては、例えば図7(a)中の点線で囲まれた領域についてエッジ強調処理を行う。ここで、エッジ強調処理とは領域内の各画素について次式(3)のようなフィルタリング計算を行うことを意味する。

36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231 232 233 234 235 236 237 238 239 240 241 242 243 244 245 246 247 248 249 250 251 252 253 254 255 256 257 258 259 260 261 262 263 264 265 266 267 268 269 270 271 272 273 274 275 276 277 278 279 280 281 282 283 284 285 286 287 288 289 290 291 292 293 294 295 296 297 298 299 300 301 302 303 304 305 306 307 308 309 310 311 312 313 314 315 316 317 318 319 320 321 322 323 324 325 326 327 328 329 330 331 332 333 334 335 336 337 338 339 340 341 342 343 344 345 346 347 348 349 350 351 352 353 354 355 356 357 358 359 360 361 362 363 364 365 366 367 368 369 370 371 372 373 374 375 376 377 378 379 380 381 382 383 384 385 386 387 388 389 390 391 392 393 394 395 396 397 398 399 399 400 401 402 403 404 405 406 407 408 409 409 410 411 412 413 414 415 416 417 418 419 419 420 421 422 423 424 425 426 427 428 429 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 449 450 451 452 453 454 455 456 457 458 459 459 460 461 462 463 464 465 466 467 468 469 469 470 471 472 473 474 475 476 477 478 479 479 480 481 482 483 484 485 486 487 488 489 489 490 491 492 493 494 495 496 497 498 499 499 500 501 502 503 504 505 506 507 508 509 509 510 511 512 513 514 515 516 517 518 519 519 520 521 522 523 524 525 526 527 528 529 529 530 531 532 533 534 535 536 537 538 539 539 540 541 542 543 544 545 546 547 548 549 549 550 551 552 553 554 555 556 557 558 559 559 560 561 562 563 564 565 566 567 568 569 569 570 571 572 573 574 575 576 577 578 579 579 580 581 582 583 584 585 586 587 588 589 589 590 591 592 593 594 595 596 597 598 599 599 600 601 602 603 604 605 606 607 608 609 609 610 611 612 613 614 615 616 617 618 619 619 620 621 622 623 624 625 626 627 628 629 629 630 631 632 633 634 635 636 637 638 639 639 640 641 642 643 644 645 646 647 648 649 649 650 651 652 653 654 655 656 657 658 659 659 660 661 662 663 664 665 666 667 668 669 669 670 671 672 673 674 675 676 677 678 679 679 680 681 682 683 684 685 686 687 688 689 689 690 691 692 693 694 695 696 697 698 699 699 700 701 702 703 704 705 706 707 708 709 709 710 711 712 713 714 715 716 717 718 719 719 720 721 722 723 724 725 726 727 728 729 729 730 731 732 733 734 735 736 737 738 739 739 740 741 742 743 744 745 746 747 748 749 749 750 751 752 753 754 755 756 757 758 759 759 760 761 762 763 764 765 766 767 768 769 769 770 771 772 773 774 775 776 777 778 779 779 780 781 782 783 784 785 786 787 788 789 789 790 791 792 793 794 795 796 797 798 799 799 800 801 802 803 804 805 806 807 808 809 809 810 811 812 813 814 815 816 817 818 819 819 820 821 822 823 824 825 826 827 828 829 829 830 831 832 833 834 835 836 837 838 839 839 840 841 842 843 844 845 846 847 848 849 849 850 851 852 853 854 855 856 857 858 859 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 879 880 881 882 883 884 885 886 887 888 889 889 890 891 892 893 894 895 896 897 898 899 899 900 901 902 903 904 905 906 907 908 909 909 910 911 912 913 914 915 916 917 918 919 919 920 921 922 923 924 925 926 927 928 929 929 930 931 932 933 934 935 936 937 938 939 939 940 941 942 943 944 945 946 947 948 949 949 950 951 952 953 954 955 956 957 958 959 959 960 961 962 963 964 965 966 967 968 969 969 970 971 972 973 974 975 976 977 978 979 979 980 981 982 983 984 985 986 987 988 989 989 990 991 992 993 994 995 996 997 998 999 999 1000 1001 1002 1003 1004 1005 1006 1007 1008 1009 1009 1010 1011 1012 1013 1014 1015 1016 1017 1018 1019 1019 1020 1021 1022 1023 1024 1025 1026 1027 1028 1029 1029 1030 1031 1032 1033 1034 1035 1036 1037 1038 1039 1040 1041 1042 1043 1044 1045 1046 1047 1048 1049 1049 1050 1051 1052 1053 1054 1055 1056 1057 1058 1059 1059 1060 1061 1062 1063 1064 1065 1066 1067 1068 1069 1069 1070 1071 1072 1073 1074 1075 1076 1077 1078 1079 1079 1080 1081 1082 1083 1084 1085 1086 1087 1088 1089 1089 1090 1091 1092 1093 1094 1095 1096 1097 1098 1099 1099 1100 1101 1102 1103 1104 1105 1106 1107 1108 1109 1109 1110 1111 1112 1113 1114 1115 1116 1117 1118 1119 1119 1120 1121 1122 1123 1124 1125 1126 1127 1128 1129 1129 1130 1131 1132 1133 1134 1135 1136 1137 1138 1139 1139 1140 1141 1142 1143 1144 1145 1146 1147 1148 1149 1149 1150 1151 1152 1153 1154 1155 1156 1157 1158 1159 1159 1160 1161 1162 1163 1164 1165 1166 1167 1168 1169 1169 1170 1171 1172 1173 1174 1175 1176 1177 1178 1179 1179 1180 1181 1182 1183 1184 1185 1186 1187 1188 1189 1189 1190 1191 1192 1193 1194 1195 1196 1197 1198 1198 1199 1199 1200 1201 1202 1203 1204 1205 1206 1207 1208 1209 1209 1210 1211 1212 1213 1214 1215 1216 1217 1218 1219 1219 1220 1221 1222 1223 1224 1225 1226 1227 1228 1229 1229 1230 1231 1232 1233 1234 1235 1236 1237 1238 1239 1239 1240 1241 1242 1243 1244 1245 1246 1247 1248 1249 1249 1250 1251 1252 1253 1254 1255 1256 1257 1258 1259 1259 1260 1261 1262 1263 1264 1265 1266 1267 1268 1269 1269 1270 1271 1272 1273 1274 1275 1276 1277 1278 1279 1279 1280 1281 1282 1283 1284 1285 1286 1287 1288 1289 1289 1290 1291 1292 1293 1294 1295 1296 1297 1298 1298 1299 1299 1300 1301 1302 1303 1304 1305 1306 1307 1308 1309 1309 1310 1311 1312 1313 1314 1315 1316 1317 1318 1319 1319 1320 1321 1322 1323 1324 1325 1326 1327 1328 1329 1329 1330 1331 1332 1333 1334 1335 1336 1337 1338 1339 1339 1340 1341 1342 1343 1344 1345 1346 1347 1348 1349 1349 1350 1351 1352 1353 1354 1355 1356 1357 1358 1359 1359 1360 1361 1362 1363 1364 1365 1366 1367 1368 1369 1369 1370 1371 1372 1373 1374 1375 1376 1377 1378 1379 1379 1380 1381 1382 1383 1384 1385 1386 1387 1388 1389 1389 1390 1391 1392 1393 1394 1395 1396 1397 1398 1398 1399 1399 1400 1401 1402 1403 1404 1405 1406 1407 1408 1409 1409 1410 1411 1412 1413 1414 1415 1416 1417 1418 1419 1419 1420 1421 1422 1423 1424 1425 1426 1427 1428 1429 1429 1430 1431 1432 1433 1434 1435 1436 1437 1438 1439 1439 1440 1441 1442 1443 1444 1445 1446 1447 1448 1449 1449 1450 1451 1452 1453 1454 1455 1456 1457 1458 1459 1459 1460 1461 1462 1463 1464 1465 1466 1467 1468 1469 1469 1470 1471 1472 1473 1474 1475 1476 1477 1478 1479 1479 1480 1481 1482 1483 1484 1485 1486 1487 1488 1489 1489 1490 1491 1492 1493 1494 1495 1496 1497 1498 1498 1499 1499 1500 1501 1502 1503 1504 1505 1506 1507 1508 1509 1509 1510 1511 1512 1513 1514 1515 1516 1517 1518 1519 1519 1520 1521 1522 1523 1524 1525 1526 1527 1528 1529 1529 1530 1531 1532 1533 1534 1535 1536 1537 1538 1539 1539 1540 1541 1542 1543 1544 1545 1546 1547 1548 1549 1549 1550 1551 1552 1553 1554 1555 1556 1557 1558 1559 1559 1560 1561 1562 1563 1564 1565 1566 1567 1568 1569 1569 1570 1571 1572 1573 1574 1575 1576 1577 1578 1579 1579 1580 1581 1582 1583 1584 1585 1586 1587 1588 1589 1589 1590 1591 1592 1593 1594 1595 1596 1597 1598 1598 1599 1599 1600 1601 1602 1603 1604 1605 1606 1607 1608 1609 1609 1610 1611 1612 1613 1614 1615 1616 1617 1618 1619 1619 1620 1621 1622 1623 1624 1625 1626 1627 1628 1629 1629 1630 1631 1632 1633 1634 1635 1636 1637 1638 1639 1639 1640 1641 1642 1643 1644 1645 1646 1647 1648 1649 1649 1650 1651 1652 1653 1654 1655 1656 1657 1658 1659 1659 1660 1661 1662 1663 1664 1665 1666 1667 1668 1669 1669 1670 1671 1672 1673 1674 1675 1676 1677 1678 1679 1679 1680 1681 1682 1683 1684 1685 1686 1687 1688 1689 1689 1690 1691 1692 1693 1694 1695 1696 1697 1698 1698 1699 1699 1700 1701 1702 1703 1704 1705 1706 1707 1708 1709 1709 1710 1711 1712 1713 1714 1715 1716 1717 1718 1719 1719 1720 1721 1722 1723 1724 1725 1726 1727 1728 1729 1729 1730 1731 1732 1733 1734 1735 1736 1737 1738 1739 1739 1740 1741 1742 1743 1744 1745 1746 1747 1748 1749 1749 1750 1751 1752 1753 1754 1755 1756 1757 1758 1759 1759 1760 1761 1762 1763 1764 1765 1766 1767 1768 1769 1769 1770 1771 1772 1773 1774 1775 1776 1777 1778 1779 1779 1780 1781 1782 1783 1784 1785 1786 1787 1788 1789 1789 1790 1791 1792 1793 1794 1795 1796 1797 1798 1798 1799 1799 1800 1801 1802 1803 1804 1805 1806 1807 1808 1809 1809 1810 1811 1812 1813 1814 1815 1816 1817 1818 1819 1819 1820 1821 1822 1823 1824 1825 1826 1827 1828 1829 1829 1830 1831 1832 1833 1834 1835 1836 1837 1838 1839 1839 1840 1841 1842 1843 1844 1845 1846 1847 1848 1849 1849 1850 1851 1852 1853 1854 1855 1856 1857 1858 1859 1859 1860 1861 1862 1863 1864 1865 1866 1867 1868 1869 1869 1870 1871 1872 1873 1874 1875 1876 1877 1878 1879 1879 1880 1881 1882 1883 1884 1885 1886 1887 1888 1889 1889 1890 1891 1892 1893 1894 1895 1896 1897 1898 1898 1899 1899 1900 1901 1902 1903 1904 1905 1906 1907 1908 1909 1909 1910 1911 1912 1913 1914 1915 1916 1917 1918 1919 1919 1920 1921 1922 1923 1924 1925 1926 1927 1928 1929 1929 1930 1931 1932 1933 1934 1935 1936 1937 1938 1939 1939 1940 1941 1942 1943 1944 1945 1946 1947 1948 1949 1949 1950 1951 1952 1953 1954 1955 1956 1957 1958 1959 1959 1960 1961 1962 1963 1964 1965 1966 1967 1968 1969 1969 1970 1971 1972 1973 1974 1975 1976 1977 1978 1979 1979 1980 1981 1982 1983 1984 1985 1986 1987 1988 1989 1989 1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1998 1999 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2019 2020 2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027 2028 2029 2030 2031 2032 2033 2034 2035 2036 2037 2038 2039 2039 2040 2041 2042 2043 2044 2045 2046 2047 2048 2049 2049 2050 2051 2052 2053 2054 2055 2

れるようとする。このような処理が図6のステップS202の処理である。

【0042】画面内の限定された領域内の全ての特徴点についての投票が終了した後、投票度数が最も大きい値を有するセルを抽出することにより、直線のパラメータ(a, b)が求められる(ステップS203)。なお、ステップS203においては、領域内の全ての特徴点について投票を行うのではなく、ステップS201においてエッジ強調処理が施されてよりエッジらしい点であるとみなされた特徴点のみに限定して投票を行うようにしてもよい。

【0043】上式(4)のようにパラメータ(a, b)により画像空間中の直線を表現すると、画面内で直線が垂直に近づくにつれてこれらのパラメータの値が無限大になるので、パラメータ空間が有界にならない。この問題を解決するため的一般的な方法は、画像空間中の直線を垂角θと原点からの符号付き距離ρを用いて。

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta \quad \dots (6)$$

と表現し、パラメータ空間としては(ρ, θ)空間を用いることである。図8(a)は直線に対する(ρ, θ)パラメータ空間の設定の仕方を示し、図8(b)はハフ変換による直線のパラメータ(ρ, θ)の決定の仕方を示す。本実施の形態においては、両端点が指定された直線(線分)のまわりの長方形の領域内の各点について、その点でのエッジ強調処理が施された結果の値を、上式(6)により計算される(ρ, θ)パラメータ空間での直線上の各セルについて加算する。これにより、エッジ強調処理が施された結果の値が大きい点をより多く通る直線が選び出されることになる。

【0044】次に、画面内の限定された領域内に存在する

$$r_s = \sqrt{(x_0 - x_p)^2 + (y_0 - y_p)^2} \quad \dots (7)$$

【0047】画面内の限定された領域内の全ての特徴点についての投票が終了した後、投票度数が最も大きい値を有するセルを抽出することにより、円弧のパラメータ(x0, y0, r)が求められる(ステップS203)。図9(a)は円弧に対する(x0, y0, r)パラメータ空間の設定の仕方を示し、図9(b)はハフ変換による円弧のパラメータ(x0, y0, r)の決定の仕方を示す。

【0048】なお、上述した円弧のパラメータの算出方法は、ビデオカメラがワークの真上に設置されている場合の方法であり、ビデオカメラがワークの真上に設置されていない場合には円弧が指円として見えるので、次のようにして円弧のパラメータを求める。

【0049】まずははじめに、図1のステップS102において算出されたロボット座標系での円弧上の3点の座標値から3点の存在する平面の方程式、すなわち次式

$$(8) \text{ のパラメータ } a, b, c, d \text{ の値を算出する。}$$

$$[0050] ax + by + cz + d = 0 \quad \dots (8)$$

\*の円弧を検出するルーチンについて直線の場合と同様に図6により説明する。円弧の場合には、未知の値は円弧中心の座標値(x0, y0)および円弧の半径rの3つであるので、円弧中心の座標値(x0, y0)および半径rの値をパラメータとする3次元の(x0, y0, r)パラメータ空間において上述した直線の場合と同様の投票を行うことにより、円弧の方程式すなわち円弧の位置を決定する。

【0045】エッジ強調処理は上述した直線の場合と同様に、DoGフィルタを図1のステップS103までに算出された円弧の両端点の座標値から算出したエッジの傾きと直角な方向に設定したフィルタをかける(ステップS201)。ただし、円弧の場合には、直線の場合とは異なりエッジの傾きが連続的に変化していくので、各点のエッジ強調処理を行う際に、ステップS103までに算出された教示点の座標値から算出できる円弧の方程式を用いて、その円弧上の特定の点近傍での円弧の傾きを計算し、DoGフィルタの傾きを設定している。

【0046】エッジ強調処理が行われた後は、限定された領域内の各点Pについて次のような処理を行う。すなわち、(x0, y0, r)パラメータ空間の(x0, y0)平面の各セルについて、点Pが円弧上の点であるとすると半径がいくらになるかを次式(?)により計算し、該当するパラメータ空間のセル(x0, y0, r)の投票度数を点Pでのエッジ強調処理が施された結果の値だけ増やす(ステップS202)。なお、rは(x0, y0, r)パラメータ空間で次式(?)により計算されたr。を含むセルの代表値である。

【数4】

上式(8)において、パラメータa, b, c, dの値はロボット座標系での値であるので、以後の計算のためにこれらの値をカメラ座標系での値に変換しておく。また、上述した3点を通る円弧の中心位置は上述したワーク平面上に存在するはずであるので、円弧の中心位置から3点までの距離は等しいという関係を表す2つの方程式、および円弧の中心は既知のワーク平面上にあるという関係を表す方程式により円弧中心の座標値を算出することができ、これにより円弧の半径も容易に算出することができる。なお、円弧中心の座標値を(xc, yc, zc)とすると、次式(9)により円弧中心の座標値を算出することができる。

【数5】

$$\begin{aligned}
 & \text{... (9)} \\
 & \begin{bmatrix} x_{i_0} \\ y_{i_0} \\ 2 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2(x_{i_0} - x_{i_1})^2 + 2(y_{i_0} - y_{i_1})^2 + 2(z_{i_0} - z_{i_1})^2 \\ 2(x_{i_0} - x_{i_2})^2 + 2(y_{i_0} - y_{i_2})^2 + 2(z_{i_0} - z_{i_2})^2 \\ \vdots \\ 2(x_{i_0} - x_{i_n})^2 + 2(y_{i_0} - y_{i_n})^2 + 2(z_{i_0} - z_{i_n})^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} x_{i_1} (1 - x_{i_0}^2 - y_{i_0}^2 - z_{i_0}^2) \\ x_{i_2} (1 - x_{i_0}^2 - y_{i_0}^2 - z_{i_0}^2) \\ \vdots \\ x_{i_n} (1 - x_{i_0}^2 - y_{i_0}^2 - z_{i_0}^2) \end{bmatrix} \quad \text{... (9)}
 \end{aligned}$$

15

(9)

特開平10-91225

16

\* 【0051】このようにして算出された円弧の方程式から、その円弧上の点の座標値を1度ごとに360点について計算し、各点について画面座標系での座標値に変換して配列  $x_f c i r ! e$  に保存する。

【0052】次に、未知の値としてのカメラ座標系での円弧中心の座標値  $(x_0, y_0)$  および円弧の半径  $r$  をパラメータとする3次元の  $(x_0, y_0, r)$  パラメータ空間において上述した直線および円弧の場合と同様の投票を行うことにより、円弧の方程式すなわち円弧の位置が決定される。

【0053】エッジ強調処理は上述した直線および円弧の場合と同様に、DoGフィルタをステップS103までに算出された円弧の両端点の座標値から算出したエッジの傾きと直角な方向に設定したフィルタをかける（ステップS201）。なお、エッジの傾きが連続的に変化していくのに対応したDoGフィルタの傾きの設定は、各点でのフィルタの傾きの設定の際に上述した配列  $x_f c i r ! e$  の中でその点に最も近傍に位置する座標値を探し、その前後の配列要素の値から円弧の傾きを算出して、それと直角に設定する。

【0054】エッジ強調処理が行われた後は、限られた領域内の各点  $P$  について次のような処理を行う。すなわち、各点  $P$  についてその画面座標系での座標値と平面の方程式とからカメラ座標系での三次元座標値を算出する。 $(x_0, y_0, r)$  パラメータ空間の  $(x_0, y_0)$  平面の各セルについて、点  $P$  が円弧上の点であるとすると半径がいくらになるかを次式（10）により計算し、該当するパラメータ空間のセル  $(x_0, y_0, r_{i_0})$  の投票度数を点  $P$  でのエッジ強調処理が行われた結果の値だけ増やす（ステップS202）。なお、 $r_{i_0}$  は  $(x_0, y_0, r)$  パラメータ空間で次式（10）により計算された  $r$ 。を含むセルの代表値である。また、次式（10）における  $z_i$  の値は  $(x_0, y_0)$  の値と平面の方程式とから算出される。

30 【数6】

$$* \\ r_{i_0} = \sqrt{(x_0 - x_{i_0})^2 + (y_0 - y_{i_0})^2 + (z_0 - z_{i_0})^2} \quad \dots (10)$$

【0055】画面内の限られた領域内の全ての特微点についての投票が終了した後、投票度数が最も大きい値を有するセルを抽出することにより、円弧のパラメータ  $(x_0, y_0, r)$  が求められる（ステップS203）。

【0056】なお、以上に説明した直線を検出するルーチンおよび円弧を検出するルーチンについてはそれぞれ。

```
! = line(x1, x2, area),
c = circle(x1, x2, x3, area)
```

のような形式の関数またはコマンドを用意しておき、図1のステップS104において位置検出プログラムを生

成する際に、対応する引数を指定して関数またはコマンドを順次呼び出すプログラムを生成する。これらの関数またはコマンドにおいて、 $l, c$  はそれぞれ、算出された直線のパラメータ、円弧のパラメータを格納するための配列である。また、 $! line()$  の引数である  $x_1, x_2$  はステップS103までに算出された線分の両端点の画面座標系での  $(x, y)$  座標値であり、 $circ!$   $e()$  の引数である  $x_1, x_2, x_3$  は同様にステップS103までに算出された円弧の両端点および途中の点の画面座標系での  $(x, y)$  座標値である。なお、 $area$  は線分または円弧のまわりの画像処理が行われる領域の幅であり、ワークの個体差等を考慮してマスター

クについてティーチングされたロボットプログラムの中での教示点の座標値からワークごとに教示点の位置がどの程度変動する可能性があるかを検討してユーザが設定する。

【0057】なお、図4に示すロボットプログラムの場合には、直線し1から直線し4、円弧C1から円弧C4までを検出する位置検出プログラムは図10に示すものとなる。

【0058】図10において、xp2、xp3等は図1のステップS103までに算出された教示点P2、P3の画面座標系での座標値である。なお、2本の直線の交点を求める際に設定される直線を検出する領域（エッジ検出領域1およびエッジ検出領域2）の具体例を図12に示す。

【0059】図1のステップS105においては、ステップS104において生成された位置検出プログラムにより検出される直線や円弧等の曲線の位置からステップS101およびステップS102において抽出された各教示点のビデオカメラの画面内での実際の位置を算出する位置算出プログラムと、この位置算出プログラムにより算出される各教示点の画面座標系での座標値をロボット座標系での座標値に変換する座標変換プログラムとを生成する。ここで、教示点の種別は上述したように、

（1）直線と直線との交点、（2）直線と円弧との境界、および（3）円弧の途中の点の3通りに限定される。このため、これらの各場合について、

```
xo=c1!lines(11,12,xp1,xp2,xp3),
xo=c1!necircle(11,c1,xp1,xp2,xp3,xp4),
xo=pcircle(c1,xp1,xp2)
```

のような形式の関数またはコマンドを用意しておく。これらの関数またはコマンドにおいて、xoは算出された教示点の画面座標系での（x, y）座標値である。!

1, 12はステップS104において生成された位置検出プログラムにより検出される直線のパラメータ（a, b）または（p, θ）を含む配列であり、c1は同様に位置検出プログラムにより検出される円弧の中心位置

（x0, y0）および半径の値rを含む配列である。また、c1!lines()におけるxp1, xp2, xp3は引数で指定された2つの線分の端点の画面座標系での座標値であり、c1!necircle()におけるxp1, xp2, xp3, xp4は引数で指定された線分の両端点と円弧の両端点および途中の点の画面座標系での座標値であり、pcircle()におけるxp1, xp2は引数で指定された円弧の両端点の画面座標系での座標値であり、全ての引数で指定した座標値はステップS103において変換して求められた値を用いる。これらの引数は、ステップS102において各教示点が含まれる動作命令の種別から各教示点が直線や円弧等の曲線

のうちどのような曲線に属するかを判別するとともに、この判別された曲線における端点や途中の点等の曲線の範囲を特定する教示点の座標値を求めてるので、容易に設定することが可能である。なお、図4に示すロボットプログラムの場合には、直線や円弧等の曲線の位置からロボットプログラムの中から読み出された各教示点のビデオカメラの画面内での実際の位置を算出する位置算出プログラムは図11に示すものとなる。

【0060】図1のステップS105においてはさらに、図11に示す位置算出プログラムにより算出される画面座標系でのxf2～xf13の値をカメラ座標系での値に変換し、これらの変換された値をロボット座標系に変換する座標変換プログラムを生成する。ここで、教示点の座標値を画面座標系からカメラ座標系へ変換する関数またはコマンド、および教示点の座標値をカメラ座標系からロボット座標系へ変換する関数またはコマンドとして、

```
xc=TrnCam(xf, p!lane),
xr=TrnCamRob(xc, T)
```

のような形式の2つの関数またはコマンドをあらかじめ用意しておく。これらの関数またはコマンドにおいて、p!laneはその点がのっている平面の方程式の係数ベクトルであり、点が円弧の一部であれば、平面の方程式は上述したように算出されているので、その値を用いる。一方、点が線分の一部であれば、線分の両端点およびステップS101で求められた教示点の中での隣接点も含めて3点とし、平面の方程式を算出して用いる。また、Tはカメラ座標系からロボット座標系への同次表現の変換行列である。図4に示すロボットプログラムの場合には、教示点の画面座標系での座標値をロボット座標系での座標値に変換する座標変換プログラムは図13に示すものとなる。なお、図13の（E）の部分は教示点の座標値を画面座標系からカメラ座標系へ変換するプログラムであり、図13の（F）の部分は教示点の座標値をカメラ座標系からロボット座標系へ変換するプログラムである。

【0061】図14は本発明によるロボットプログラム自動修正方法の一実施の形態を説明するための図である。図14に示すように、本発明によるロボットプログラム自動修正方法は、上述したロボットのための画像処理プログラム自動生成方法により生成された画像処理プログラムを用いて、ビデオカメラにより撮影された画像から実際のワークの教示点の座標値を求め、さらにこの求められた実際のワークの教示点の座標値に基づいて、ロボットプログラムにあらかじめ内蔵された各教示点の座標値を修正するものである。なお、ステップS301～ステップS305のそれぞれの処理は図1のステップS101～ステップS105の対応するそれぞれの処理と同一であるので、その詳細な説明は省略する。

【0062】図14に示すように、まず、あらかじめマ

(11)

特開平10-91225

19

スタワークについてティーチングされたロボットプログラムの中から溶接作業や、面取り作業等の作業対象であるワークとの接触作業を行う際のロボット座標系に基づく動作命令を抽出し、この抽出された動作命令から正確な位置計測が必要な教示点を抽出する（ステップS301）。

【0063】続いて、ステップS301において抽出された各教示点について、それぞれの教示点を含む動作命令の種別から各教示点が直線や円弧等の曲線のうちどのような曲線に属するかを判別するとともに、この判別された曲線における端点や途中の点等の曲線の範囲を特定する教示点の座標値をロボットプログラムの中から読み出す（ステップS302）。

【0064】その後、ステップS301において抽出された教示点のロボット座標系での座標値、およびステップS302において抽出されたその他の教示点のロボット座標系での座標値を画面座標系での座標値に変換する（ステップS303）。すなわち、ロボットプログラムで記述されている座標値はロボット座標系での座標値であるので、これらの座標値をロボット座標系とカメラ座標系との変位量を用いて画面座標系での座標値に変換する。なお、ロボット座標系とカメラ座標系との変位量はあらかじめユーザが設定しておく。

【0065】そして、ステップS303において変換された各教示点の座標値および各教示点の属する曲線の種別に基づいてビデオカメラの画面内での直線や円弧等の曲線の位置を検出する位置検出プログラムを生成するとともに（ステップS304）、ステップS304において生成された位置検出プログラムにより検出される直線や円弧等の曲線の位置からステップS101およびステップS102において抽出された各教示点のビデオカメラの画面内での実際の位置を算出する位置算出プログラムと、この位置算出プログラムにより算出される各教示点の画面座標系での座標値をロボット座標系での座標値へ変換する座標変換プログラムとを生成する（ステップS305）。

【0066】最後に、ステップS304およびステップS305において生成された画像処理プログラムを実行することにより、ビデオカメラにより撮影された画像から実際のワークの教示点の座標値を求める。そして、このようにして求められた実際のワークの教示点の座標値に基づいて、あらかじめロボットプログラムに内蔵された各教示点の座標値を修正する（ステップS306）。

【0067】図4に示すロボットプログラムの場合には、図15に示すように、ロボットプログラムの13行目と14行目との間に、生成された画像処理プログラム（A）～（F）（図5、図10、図11および図13参照）と、この画像処理プログラムを実行して求められた実際のワークの教示点x<sub>r</sub>2～x<sub>r</sub>13の座標値をあらかじめ内蔵された対応する教示点p<sub>2</sub>～p<sub>13</sub>の座標値

として代入するプログラム（図15の（G）の部分参照）とを組み込むようにする。なお、図15に示すように生成された画像処理プログラムを直接ロボットプログラムの中に組み込む他、画像処理プログラムをロボットプログラムとは独立して実行し、その実行結果として得られた座標値によってロボットプログラムの中のあらかじめ内蔵された教示点の座標値を修正するようにしてもよい。

【0068】このように、本発明のロボットプログラム自動修正方法の一実施の形態によれば、ステップS301～ステップS305により生成された画像処理プログラムを用いて、ビデオカメラにより撮影された画像から実際のワークの教示点の座標値を各ワークごとに求め、さらにこの求められたワークの実際の教示点の座標値に基づいて、あらかじめ図4に示すようなロボットプログラムに内蔵された各教示点の座標値を自動的に修正する（ステップS306）ので、1つのマスタワークについてティーチングを行ってロボットプログラムを作成するだけでワークごとの個体差を吸収するようにロボットプログラムを自動的に修正することができる。

【0069】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、マスタワークについてティーチングされたロボットプログラムからワークごとの個体差に対応するための画像処理プログラムを自動的に生成することができる。また、このようにして生成された画像処理プログラムを用いて、ロボットプログラムにあらかじめ内蔵された各教示点の座標値を自動的に修正するので、1つのマスタワークについてティーチングを行ってロボットプログラムを作成するだけでワークごとの個体差を吸収するようにロボットプログラムを自動的に修正することができ、このため仮に画像処理に関する十分な知識を有しない人であっても容易に画像処理を利用してワークの個体差を吸収した形でロボットを動作させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるロボットのための画像処理プログラム自動生成方法の一実施の形態を説明するための図である。

【図2】本発明によるロボットのための画像処理プログラム自動生成方法を実現する装置の一実施の形態を示す図である。

【図3】ワークの一例およびそのワークの教示点を示す図である。

【図4】図3に示すワークのエッジの面取り作業を行うためのロボットプログラムを示す図である。

【図5】教示点の座標値をロボット座標系からカメラ座標系へ変換するプログラム、および教示点の座標値をカメラ座標系から画面座標系へ変換するプログラムを示す図である。

【図6】画面内の規定された領域内に存在する直線や円

(12)

特開平10-91225

21

22

弧等の曲線を検出するルーチンを説明するための図である。

【図7】ビデオカメラにより撮影された画像に対するエッジ強調処理の具体例を示す図である。

【図8】直線に対する( $\rho$ ,  $\theta$ )パラメータ空間の設定の仕方(図8(a))、およびハフ変換による直線のパラメータ( $\rho$ ,  $\theta$ )の決定の仕方(図8(b))を示す図である。

【図9】円弧に対する( $x$ ), ( $y$ ), ( $r$ )パラメータ空間の設定の仕方(図9(a))、およびハフ変換による円弧のパラメータの決定の仕方(図9(b))を示す図である。

【図10】図4に示すロボットプログラムに対して作成される位置検出プログラムを示す図である。

【図11】図4に示すロボットプログラムに対して作成される位置算出プログラムを示す図である。\*

\*【図12】2本の直線の交点を求める際に設定される直線を検出する領域の具体例を示す図である。

【図13】図4に示すロボットプログラムに対して作成される座標変換プログラムを示す図である。

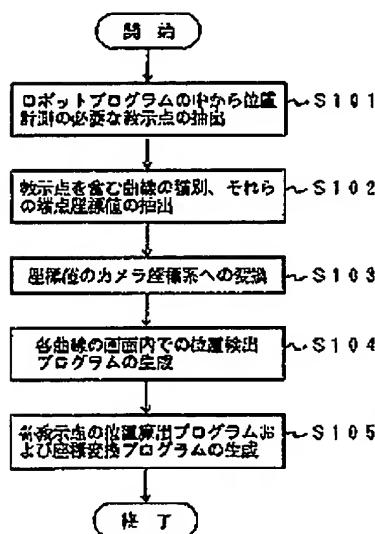
【図14】本発明によるロボットプログラム自動修正方法の一実施の形態を説明するための図である。

【図15】本発明によるロボットのための画像処理プログラム自動生成方法により生成された画像処理プログラムを組み込んだロボットプログラムを示す図である。

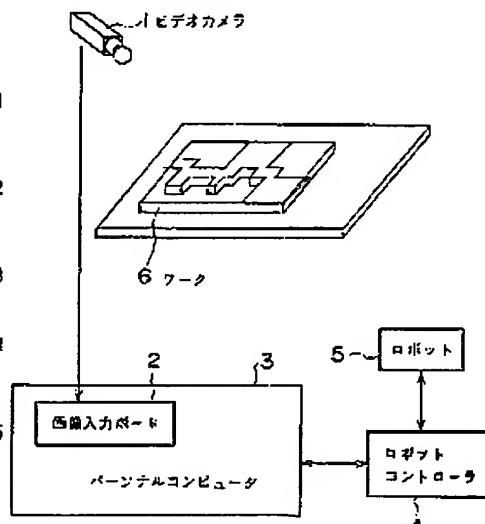
10 【符号の説明】

- 1 ビデオカメラ
- 2 画像入力ボード
- 3 パーソナルコンピュータ
- 4 ロボットコントローラ
- 5 ロボット
- 6 ワーク

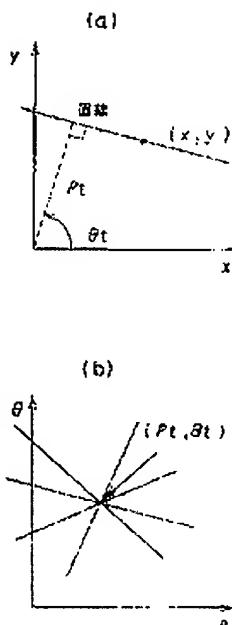
【図1】



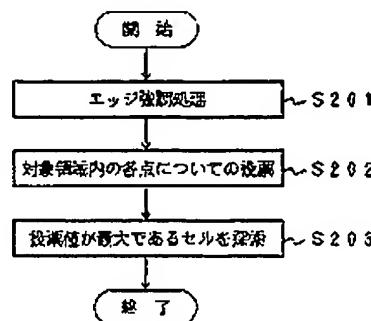
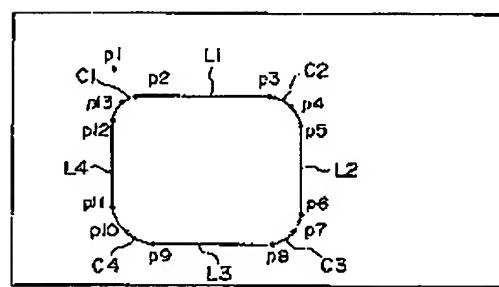
【図2】



【図8】



【図3】



(13)

特開平10-91225

[図4]

```

1) p1=(0, 180, 10)
2) p2=(10, 0, 10)
3) p3=(490, 0, 10)
4) p4=(497, 07, -2, 83, 10)
5) p5=(600, -10, 10)
6) p6=(500, -290, 10)
7) p7=(497, 07, -297, 07, 10)
8) p8=(490, -300, 10)
9) p9=(10, -300, 10)
10) p10=(2, 93, -297, 07, 10)
11) p11=(0, -290, 10)
12) p12=(0, -10, 10)
13) p13=(7, 07, -2, 83, 10)
14) move1 p1
15) speed 10
16) force 1
17) dset 1
18) move1 p2
19) gmove1 p3
20) gmovec p4, p5
21) gmove1 p6
22) gmovec p7, p8
23) gmove1 p9
24) gmovec p10, p11
25) gmove1 p12
26) gmovec p13, p2
27) move1 p1
28) dreset 1

```

[図5]

```

xc2=TrnRobCam(p2, T)
xc3=TrnRobCam(p3, T)
xc4=TrnRobCam(p4, T)
xc5=TrnRobCam(p5, T)
xc6=TrnRobCam(p6, T)
xc7=TrnRobCam(p7, T)
xc8=TrnRobCam(p8, T)
xc9=TrnRobCam(p9, T)
xc10=TrnRobCam(p10, T)
xc11=TrnRobCam(p11, T)
xc12=TrnRobCam(p12, T)
xc13=TrnRobCam(p13, T)

```

{A}

```

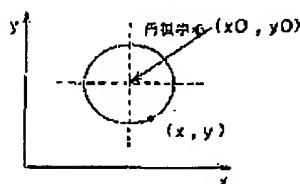
xp2=Persp(xc2)
xp3=Persp(xc3)
xp4=Persp(xc4)
xp5=Persp(xc5)
xp6=Persp(xc6)
xp7=Persp(xc7)
xp8=Persp(xc8)
xp9=Persp(xc9)
xp10=Persp(xc10)
xp11=Persp(xc11)
xp12=Persp(xc12)
xp13=Persp(xc13)

```

{B}

[図9]

(a)



```

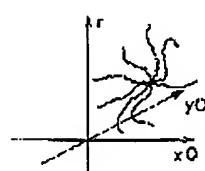
l1=line(xp2, xp3, area)
l2=line(xp5, xp6, area)
l3=line(xp8, xp9, area)
l4=line(xp11, xp12, area)
c1=circle(xp12, xp13, xp2, area)
c2=circle(xp3, xp4, xp5, area)
c3=circle(xp6, xp7, xp8, area)
c4=circle(xp9, xp10, xp11, area)

```

{C}

[図10]

(b)



```

x12=circle(c1, xp2, xp3, xp12, xp13)
x13=circle(c1, xp2, xp3, xp4, xp5)
x14=circle(c2, xp4, xp5)
x15=circle(c2, xp3, xp4, xp6, xp7)
x16=circle(c2, xp5, xp6, xp7, xp8)
x17=parabola(c3, xp8, xp9)
x18=circle(c3, xp3, xp7, xp8, xp9)
x19=circle(c3, xp4, xp8, xp9, xp10)
x20=circle(c4, xp9, xp10)
x21=circle(c4, xp8, xp9, xp11, xp12)
x22=circle(c4, xp11, xp12, xp13, xp2)
x23=circle(c5, xp2, xp12)

```

{D}

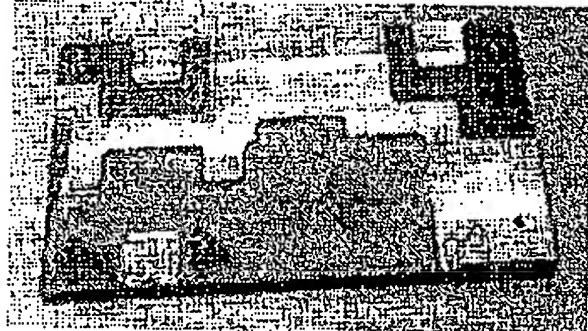
(14)

特開平10-91225

【図7】

直線検出ルーチンのための限定された領域

(a)



(b)



【図12】

検出すべき交点

エッジ検出領域2

エッジ検出領域1



15

特開平10-91225

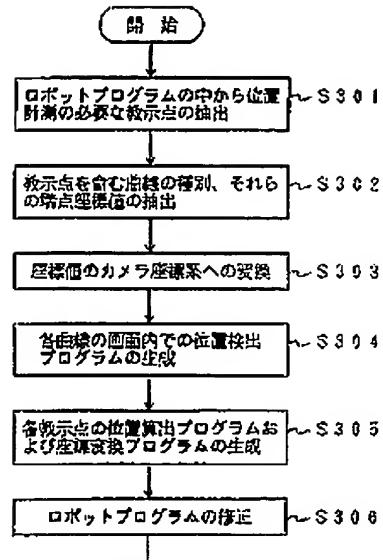
[図13]

```

x<2=TnCam(xf2, plane)
x<3=TnCam(xf3, plane)
x<4=TnCam(xf4, plane)
x<5=TnCam(xf5, plane)
x<6=TnCam(xf6, plane)
x<7=TnCam(xf7, plane)
x<8=TnCam(xf8, plane)
x<9=TnCam(xf9, plane)
x<10=TnCam(xf10, plane)
x<11=TnCam(xf11, plane)
x<12=TnCam(xf12, plane)
x<13=TnCam(xf13, plane)

```

〔圖14〕



[图 1.5.1]

(15)

特開平10-91225

フロントページの焼き

(51) Int.Cl.°

G 06 K 9/46

識別記号

F I

G 06 K 9/46

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**